

STUDI PENGARUH VARIASI DIMENSI KOLOM TERHADAP KINERJA BATAS LAYAN DAN KINERJA BATAS ULTIMIT PADA PORTAL GEDUNG PERKANTORAN DI DAERAH RAWAN GEMPA YANG MENGACU PADA SNI 03 – 1726 – 2002

Mohammad Gery Rachmat

S-1 Pendidikan Teknik Bangunan, Teknik, Universitas Negeri Surabaya. gergery_raikonen@yahoo.com

Suprpto, S.Pd.,MT

S-1 Pendidikan Teknik Bangunan, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Beberapa tahun belakangan ini Indonesia mengalami gempa yang dengan skala menengah hingga ke atas. Rata-rata kerusakan yang dialami oleh bangunan yang menerima beban gempa tersebut mengalami kegagalan struktur. Dengan mengamati kejadian-kejadian yang telah berlangsung. Maka, penulis membuat studi untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh dimensi kolom dalam menaham gaya gempa dalam skala menengah. Yang ditinjau dari nilai kinerja batas layan dan nilai kinerja batas ultimitnya yang dibantu dengan program SAP 2000 versi 8.08 dalam perhitungannya. Pada portal gedung perkantoran 4 lantai, 6 lantai, 8 lantai hingga 10 lantai dengan tipe bangunan 1:2 atau bisa dikatakan bangunan langsing. Dan panduan dalam perhitungan beban gempa menggunakan SNI 03-1726-2002. Hasil yang didapat pada studi yang telah dilakukan adalah pada portal 4 lantai dimensi kolom dilakukan beberapa perlakuan dengan beberapa dimensi kolom yang berbeda yaitu 40 cm x 40 cm, 45cm x 45 cm, 50cm x 50 cm, 55cm x 55cm dan 60cm x 60cm. dan tidak terdapat nilai KBL dan KBU yang melebihi nilai batas kontrolnya. Pada portal gedung 6 lantai yang menggunakan dimensi kolom 40cm x 40cm, 45cm x 45cm, 50cm x 50cm, 55cm x 55cm, 60cm x 60cm. Nilai KBL dan KBU yang tidak terpenuhi pada portal ini pada saat portal 6 lantai tersebut menggunakan dimensi kolom sebesar 40 cm x 40 cm. Pada portal gedung 8 lantai yang menggunakan dimensi kolom sebesar 40cm x 40cm, 50cm x 50cm, 60cm x 60cm, 70cm x 70cm, 80cm x 80cm. Nilai KBL dan KBU yang tidak terpenuhi pada portal 8 lantai ini pada saat menggunakan dimensi kolom sebesar 40 cm x 40 cm dan 50 cm x 50 cm. Pada portal gedung 10 lantai yang menggunakan dimensi kolom sebesar 40cm x 40 cm, 50cm x 50cm, 60cm x 60cm, 80cm x 80cm, 100cm x 100cm. Nilai KBL dan KBU yang tidak terpenuhi pada portal 10 lantai ini saat menggunakan dimensi kolom sebesar 40 cm x 40 cm dan 50 cm x 50 cm.

Kata kunci : Kinerja Batas Layan (KBL), Kinerja Batas Ultimit (KBU), Dimensi Kolom.

Abstract

In recent years Indonesia has experienced an earthquake with a medium scale up to the top. Average damage experienced by buildings that receive earthquake loads struktur. Dengan failure to observe the events that have taken place. Thus, the author makes a study to determine how far the influence of the dimensions of the columns in the style menaham medium-scale earthquakes. The terms of nilai performance and service life limit value limits performance ultimitnya assisted with program SAP 2000 version of 8:08 in the calculations. On the fourth floor of an office building portals, 6 floors, 8 floors to 10 floors with a 1:2 type of building or buildings can be said to be slim. And guidelines in the earthquake load calculations using SNI 03-1726-2002. The results obtained in studies that have been done is the portal column dimensions 4 floors done several treatments with a different column dimensions of 40 cm x 40 cm, 45cm x 45 cm, 50 cm x 50 cm, 55cm x 55cm and 60cm x 60cm. and there is no value for KBL and KBU that exceed the control limits. At 6-story building portals using the dimensions of 40cm x 40cm column, 45cm x 45cm, 50cm x 50cm, 55cm x 55cm, 60cm x 60cm. Value for KBL and KBU are not met in this portal at the sixth floor of the portal using the column dimensions of 40 cm x 40 cm. On the eighth floor of the building portal that uses the dimensions of 40cm x 40cm column, 50cm x 50cm, 60cm x 60cm, 70cm x 70cm, 80cm x 80cm. Value for KBL and KBU are not met on the 8th floor of this portal when using column dimensions of 40 cm x 40 cm and 50 cm x 50 cm. In the 10-story building portals using column dimensions of 40cm x 40 cm, 50cm x 50cm, 60cm x 60cm, 80cm x 80cm, 100cm x 100cm. Value for KBL and KBU are not met on the 10th floor of this portal when using column dimensions of 40 cm x 40 cm and 50 cm x 50 cm.

Keyword : Kinerja Batas Layan (KBL), Kinerja Batas Ultimit (KBU), Dimensi Kolom.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang mempunyai resiko gempa cukup tinggi. Peraturan gempa Indonesia yang baru, SNI 03-1726-2002. Bangunan akan mengalami keruntuhan secara parsial atau secara total pada waktu terjadinya gempa. Keruntuhan struktur pertama kali terjadi pada kolom yang dapat menyebabkan keruntuhan total pada bangunan. Selain itu juga akibat perencanaan dan pelaksanaan konstruksi yang kurang baik (Villaverde, 2007). Menurut Ensiklopedia Wikimedia (<http://en.wikipedia.org>).

Peraturan gempa Indonesia yang baru, SNI 03-1726-2002, membagi Indonesia dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 6 merupakan daerah dengan resiko gempa sangat tinggi. Perhitungan beban gempa pada masing-masing wilayah gempa didasarkan nilai faktor respon spektrum (C) pada grafik respon spektrum gempa rencana. Dalam grafik respon spektrum gempa rencana tersebut selain faktor wilayah gempa, jenis tanah dasar juga menentukan besarnya faktor respon spektrum (C). Terdapat tiga (3) jenis tanah dasar yang dapat dipilih yaitu tanah lunak, tanah sedang, tanah keras. Peraturan gempa SNI 03-1726-2002, membatasi besarnya lendutan arah ke samping (simpangan) struktur gedung dalam 2 istilah yaitu, kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU)

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis termotivasi untuk mengadakan pengamatan yang berkaitan dengan *Studi Pengaruh Variasi dimensi Kolom Terhadap Kinerja Batas Layan Dan Kinerja Batas Ultimit Pada Portal Gedung Perkantoran di Daerah Rawan Gempa Yang Mengacu Pada SNI 03-1726-2002*.

Dalam analisis perhitungan pada penelitian ini diambil beberapa model bangunan pada konstruksi bangunan gedung dengan menggunakan faktor pembeda diantaranya adalah tinggi bangunan dengan dimensi kolom yang bervariasi. Dengan demikian maka dapat dilihat pengaruh tinggi bangunan dan dimensi kolom terhadap tinggi bangunan terhadap nilai kinerja batas akibat perilaku bangunan struktur beton bertulang pada wilayah yang mempunyai resiko gempa tinggi. Dengan kata lain, apakah ada pengaruh akibat perilaku struktur pada tinggi bangunan terhadap nilai kinerja batas ? atau apakah dimensi kolom mempunyai pengaruh terhadap nilai kinerja batas yang tidak terpenuhi?

Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah: Bagaimana pengaruh variasi dimensi kolom terhadap kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit bangunan perkantoran yang berada di wilayah yang mempunyai resiko gempa?

- 1) Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
- 2) Berdasarkan SNI 03-1726-2002 maka zona gempa yang digunakan adalah wilayah gempa 4 untuk sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).
- 3) Batasan tinggi balok yang dipakai secara umum adalah minimum $1/10$ dari lebar bentang.
- 4) Lebar balok yang digunakan adalah minimum $2/3$ dari tinggi balok.
- 5) Tidak memperhitungkan struktur bangunan bawah.
- 6) Tidak membahas faktor efisiensi dan biaya.
- 7) Perencanaan struktur beton sesuai SNI 03-2847-2002.
- 8) Perencanaan pembebanan sesuai dengan PPIUG 1983.
- 9) Tidak memperhitungkan kebutuhan tulangan.

Adapun tujuan penelitian dari rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh dimensi kolom terhadap kinerja batas gedung untuk sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).
2. untuk mengetahui bagaimana pengaruh dimensi kolom terhadap beban gempa untuk menahan kekuatan bangunan apabila nilai kinerja batas tidak terpenuhi.

Adapun manfaat manfaat dari penulisan ini adalah :

1. Bagi Penulis, Skripsi ini sebagai syarat untuk menyelesaikan perkuliahan dan juga sebagai media pembelajaran untuk menjadi seorang perencana bangunan gedung.
2. Bagi Akademis, Skripsi ini memiliki manfaat sebagai bahan referensi tambahan mengenai nilai kinerja batas terhadap pada struktur bangunan bertingkat dengan model perhitungan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).

Wilayah Gempa

Kolom

Definisi kolom adalah suatu batang langsing yang dikenai tekanan aksial biasa disebut dengan kolom. Terminologi kolom biasanya digunakan untuk menyatakan suatu batang vertikal, sementara untuk batang yang miring sampai horizontal disebut dengan istilah “*strut*”.

Keruntuhan pada kolom biasa terjadi karena tekukan, yaitu deformasi arah lateral dari suatu batang. Sebagai perbandingan perlu dicatat bahwa keruntuhan suatu balok pendek terjadi karena kelelahan bahan. Tekukan, dan juga keruntuhan, suatu kolom dapat terjadi walaupun tegangan maksimum pada balok lebih rendah dari titik leleh bahan. Beban kritis suatu balok langsing yang dikenai tekanan aksial adalah nilai gaya aksial yang hanya cukup untuk mempertahankan batang dalam

kondisi sedikit terdefleksi dan biasanya dinotasikan dengan P_{cr} . Apabila suatu kolom adalah bebas berputar pada ujung-ujungnya, maka tekukan akan terjadi pada suatu sumbu dimana jari-jari (*radius of gyration*) adalah minimum. Derivasi pernyataan yang menghasilkan model pembebanan tekuk Euler mengasumsikan bahwa beban adalah konsentris. Jika suatu gaya aksial P dikenakan dengan tingkat eksentrisitas e , puncak tegangan pada batang terjadi pada serat-serat yang lebih luar pada bagian tengah panjang batang.

Deskripsi Umum Bangunan

A. Pembebanan

Struktur gedung yang telah dirancang memikul beban-beban dari bangunan itu sendiri, juga memikul beban yang tetap ataupun tidak tetap. Dalam penentuan beban yang terjadi pada bangunan, menurut ketentuan dibedakan sebagai berikut :

a. Beban Mati (PPIUG 1983 pasal 1.0-1)

Beban mati adalah beban yang dihasilkan dari berat suatu gedung itu sendiri yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan yang bersifat tetap, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Dalam menentukan beban mati struktur bangunan adalah sebagai berikut :

- Beban mati pada pelat atap, terdiri dari : Berat sendiri plat, berat aspal berat penggantung dan lain-lain.
- Beban mati pada plat lantai : Berat sendiri pelat, berat aspal berat spesi.
- Beban mati pada balok, terdiri dari : berat sendiri balok, beban mati pelat lantai, beban mati pelat atap, berat dinding.

b. Beban Hidup (PPIUG 1983 pasal 1.0-2)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian suatu gedung atau penggunaan suatu gedung dan segala sesuatu yang ada didalamnya termasuk beban lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin yang bersifat dapat dipindah atau tidak memiliki tempat yang permanen.

Beban hidup struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

1. beban hidup atap = 100 kg / m².....(PPIUG 1983 pasal 3.2-1)
2. beban hidup lantai = 250 kg/m².....(PPIUG 1983 pasal 3.21)

c. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statis yang bekerja pada sebuah gedung atau bagian gedung yang menurunkan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

Komponen-komponen dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah :

1. pengaruh gempa vertikal
2. kekakuan struktur
3. pembatasan waktu getar alami struktur

untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur harus dibatasi. Khusus untuk bangunan gedung harus mengikuti rumus sebagai berikut :

$$T : Ct.(h_n)^{3/4} \dots\dots\dots(UBC-97 \text{ pasal } 1630.2.2 \text{ metode A})$$

SNI 03-1726-2002 pasal 5.6 menyebutkan untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ξ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan sebagai berikut :

$$T_1 = \xi n \dots\dots\dots(\text{SNI } 03-1726-2002 \text{ PASAL } 5.6)$$

Dimana :

- T_1 : Periode getar alami struktur
- C_t : (0.0731) koefisien untuk struktur rangka pemikul momen beton
- h_n : tinggi gedung
- ξ : koefisien yang membatasi waktu getar alami struktur sesuai dengan tabel 2.2
- n : jumlah lantai

Tabel 2.4. koefisien yang membatasi waktu getar alami struktur

Wilayah Gempa	ξ
1	0.20
2	0.19
3	0.18
4	0.17
5	0.16
6	0.15

Sumber : SNI 03-1726-2002, hal 26,

4. Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Apabila gedung memiliki faktor keutamaan I dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan gempa rencana memiliki faktor reduksi gempa

R dan waktu getar alami fundamental T_1 , maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut:

- gaya geser dasar akibat gempa
Untuk struktur gedung beraturan beban gempa nominal (V) akibat gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur yang terjadi di tingkat dasar dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} W_i \dots\dots\dots (S)$$

NI 03-1726-2002 Pasal 6.1.2)

Dimana :

C_1 : faktor respon gempa tergantung dari lokasi wilayah gempa dan jenis lapisan tanah yang berada di bawah gedung yang didisain.

I : faktor keutamaan sesuai dengan tabel 2.1.

W_i : total beban gravitasi ($D+L$), beban L boleh direduksi sesuai dengan SNI 03-1726-2002, dimana beban L untuk perhitungan W_i dikenai koefisien reduksi sebesar 0,03.

R : faktor reduksi gempa sesuai sistem struktur yang akan dipakai.

- Distribusi Gaya Geser Gempa
Beban geser dasar nominal V yang terjadi di tingkat dasar harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat masa lantai tingkat ke- i menurut rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i} \times V$$

.....(SNI 03-1726-2002 Pasal 6.1.3)

Namun, bila rasio antara tinggi struktur gedung terhadap ukuran denahnya yang searah dengan beban gempa ≥ 3 , maka 0,1 V harus lebih dahulu dianggap sebagai beban horizontal terpusat yang menangkap pada pusat masa lantai paling atas, baru kemudian sisa 0,9 V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung.

- Waktu Getar alami Fundamental Struktur Gedung

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus T Rayleigh sebagai berikut :

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

(SNI 03-1726-2002 Pasal 6.1.3 hal 28)

Dimana W_i dan F_i mempunyai arti yang sama, d_i adalah simpangan horisontal lantai tingkat ke- i dinyatakan dalam mm dan g percepatan gravitasi.

B. Peraturan Yang Dipakai

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
3. Tabel Grafik dan Diagram Interaksi untuk Perhitungan Struktur Beton (SNI-1992).
4. Tata Cara Perencanaan Bangunan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002).

C. Metode Analisa Dan Perhitungan

Metode-metode yang dipakai dalam analisa dan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
2. Untuk menganalisa gaya gempa dan gaya gravitasi pada struktur skunder dan primer digunakan bantuan program SAP 2000 versi 8.

D. Kinerja Struktur Gedung

Peraturan gempa Indonesia, SNI 03-1726-2002, membatasi besarnya lendutan arah ke samping (simpangan) struktur gedung dalam 2 istilah yaitu :

1. Kinerja Batas Layan (Δ_s)

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut Pasal 8.1.1 tidak boleh melampaui 0,03 kali tinggi yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil. Secara rumus ditulis :

$$\leq 0,03 h_1 \text{ atau } \leq 30 \text{ mm} \dots (\text{SNI 03-1726-2002 pasal 8.1.2})$$

2. Kinerja Batas Ultimit (Δ_m)

Kinerja Batas Ultimit (KBU) struktur akibat gempa rencana untuk struktur gedung beraturan dibatasi sebesar :

- untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R \dots (\text{SNI 03-1726-2002 Pasal 8.2.1 hal 34})$$

- untuk struktur gedung tidak beraturan :

$$\xi = 0,7 \cdot R \dots (\text{SNI 03-1726-2002 Pasal 8.2.1 hal 34})$$

Faktor skala

E. Teori Beban layan.

Pada pengamatan kali ini menggunakan teori beban layan yang mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002 yaitu sebagai berikut:

1. Hal 159/292: 16.8 perencanaan alternative untuk dinding langsing. pasal 4) lendutan maksimum Δ_s akibat beban layan, termasuk pengaruh $P\Delta$, tidak melebihi $l_c / 150$.

2. Hal 175-176/292 20.4 Tegangan izin beton untuk komponen struktur lentur. pasal 2) Tegangan beton pada kondisi beban layan (sesudah memperhitungkan semua kehilangan prategang yang mungkin terjadi) tidak boleh melampaui nilai berikut :

(1). Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati dan beban hidup tetap $0,45 f'_c$.

(2). Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh prategang, beban mati, dan beban hidup total $0,6 f'_c$.

(3). Tegangan serat tarik terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan $(1/2)\sqrt{f'_c}$.

(4). Tegangan serat tarik terluar dalam daerah tarik yang pada awalnya mengalami tekan, dari komponen-komponen struktur (kecuali pada system plat dua arah) dimana analisis yang didasarkan pada penampang retak transformasi dan hubungan momen lendutan bilinear, menunjukkan bahwa lendutan seketikadan lendutan jangka panjang memenuhi persyaratan 10.5(4) dan dimana persyaratan selimut beton memenuhi $9.7(3(2)) \sqrt{f'_c}$.

3. Hal 185/292 pasal 20.12 Sistem plat pada kondisi beban layan, semua batasan yang bersangkutan dengan criteria kemampuan layan, termasuk batasan yang ditetapkan untuk lendutan, harus dipenuhi dengan mempertimbangkan secara tepat pengaruh dari factor yang terdapat pada 20.10(2).

4. Hal. 183/292 pasal 20.10 Struktur statis tak-tentu

(2). Tingkat layan dari struktur pada kondisi beban kerja harus ditentukan dengan analisis elastic yang memperhitungkan reaksi, momen, geser, dan gaya aksial yang timbul akibat adanya prategang, rangkai, susut, perubahan suhu, deformasi aksial, kekangan deformasi yang diberikan oleh komponen struktur yang menyatu dengan elemen yang ditinjau, dan penurunan fondasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dengan menggunakan program bantu yaitu SAP 2000 versi 8. Dan dengan sengaja peneliti membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan yang kemudian diteliti bagaimana akibat yang ditimbulkan. Selain itu penelitian ini juga menggunakan studi literatur guna relevansi penelitian ini. Adapun studi literatur yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur beton sesuai dengan SNI 03-2847-2002.

2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002.

3. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002.

4. Pembebanan yang akan diberikan pada struktur antara lain :

a. Beban Mati dihitung menggunakan acuan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983.

b. Beban Hidup (PPIUG) 1983.

c. Beban Gempa (SNI 03-1726-2002).

Adapun tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian studi literatur ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi, merumuskan masalah dan membatsi masalah.
2. menyusun operasional penelitian yang meliputi penentuan variabel-variabel yang berpengaruh didalam penelitian.
3. menyusun Prosedur pengolahan data, yang meliputi :
 - a. Menentukan wilayah gempa dan jenis tanah untuk perencanaan bangunan, dimana wilayah gempa yang diambil adalah wilayah gempa 4 dan menggunakan jenis tanah lunak.
 - b. Menentukan model perencanaan gedung, dalam hal ini kan dibuat 4 model bangunan.
 - c. Menentukan variasi tinggi bangunan yang nantinya akan diteliti pada pengaruh kinerja batas (SNI 03-1726-2002).
 - d. Memasukkan data-data rencana pembebanan pada masing-masing model bangunan. Diantaranya adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
 - e. Melakukan proses listing program dan running program pada setiap model bangunan rencana dengan menggunakan Program bantu yang telah ditentukan.
 - f. Melakukan tahapan kontrol T Rayleigh.
 - g. Melakukan kontrol kinerja batas layan (Δ_s) dan kinerja batas ultimit (Δ_m).

Populasi dalam penelitian ini adalah berbagai model perencanaan bangunan yang akan dianalisis.

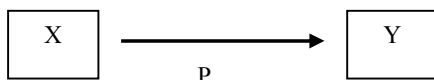
Sedangkan sampel dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Variasi bangunan yang diteliti adalah 4 jenis model bangunan beraturan.
2. jarak antar kolom struktur utama yang dipakai untuk arah- x dan arah – y sama yaitu 4 x 4 satuan meter.
3. variasi tinggi pada bangunan mulai dari 4, 6, 8, dan 10 lantai dengan tinggi antar tingkat (drift) sama yaitu 4 m.

beberapa langkah-langkah yang dilakukan dalam pengumpulan data pada penelitian ini meliputi :

1. Studi Literatur dan kepustakaan
2. Metode Eksperimen

Cara ini dilakukan dengan melakukan percobaan yang hasilnya nanti diharapkan dapat membantu untuk menyajikan data penelitian. Adapun desain penelitian eksperimental analisis dapat terlampir pada gambar dibawah ini :



Keterangan gambar :

X = Sampel

P = Perlakuan (analisis struktur dengan SAP 2000 v.8 pemilihan dimensi kolom)

Y = Hasil nilai *displacement* kolom U1 dari analisis pada sampel

Untuk menindaklanjuti dari penyajian data, penelitian harus menganalisis data terhadap penelitiannya. Diawah ini analisis data terhadap penelitian :

1. Perencanaan awal harus dianalisis berdasarkan variable kontrol, denan rumus sebagai berikut :

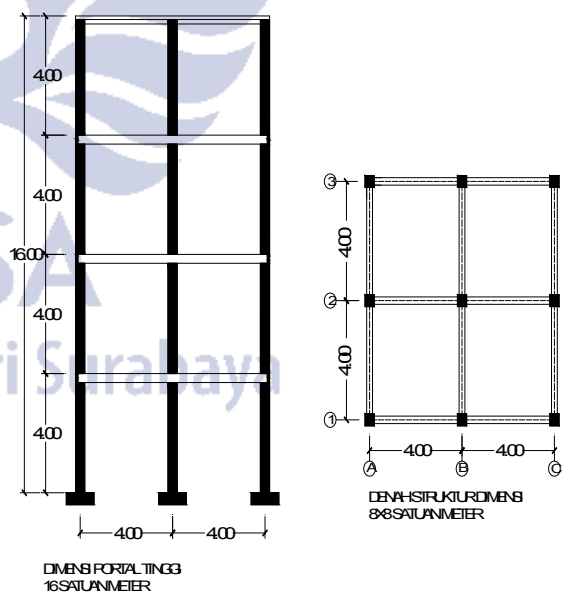
* kontrol T-Rayleigh yang besarnya dibatasi :

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}} \dots\dots\dots (\text{SNI 03-1726-2002 pasal 6.2.1 hal 28})$$

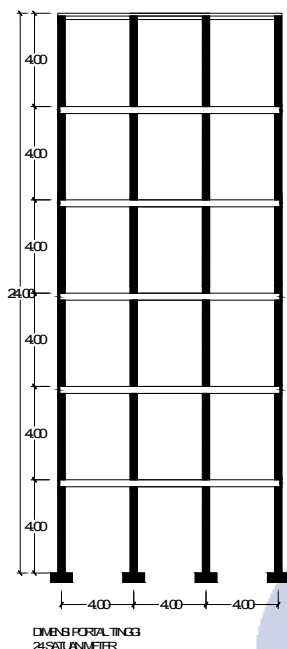
1726-2002 pasal 6.2.1 hal 28)

Nilai Tijin = $T_{\text{Rayleigh}} + 20 \% T_{\text{Rayleigh}}$

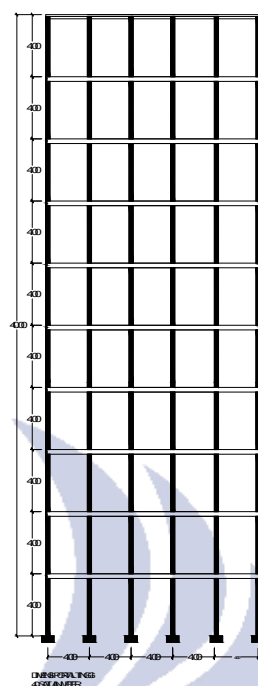
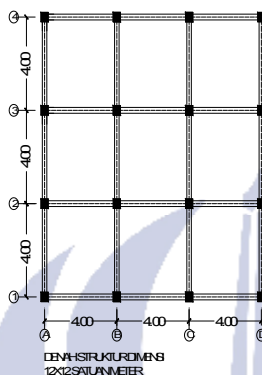
Persyaratan : $T_1 < T_{\text{Rayleigh}}$
pasal 6.2 SNI 03-1726-2002



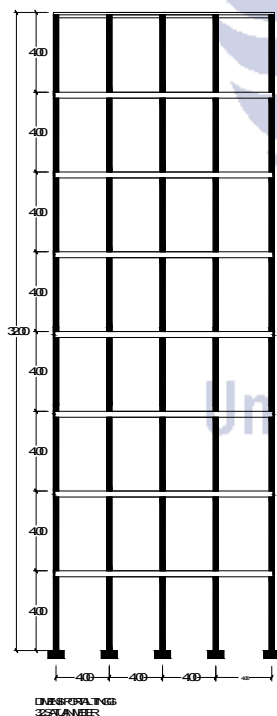
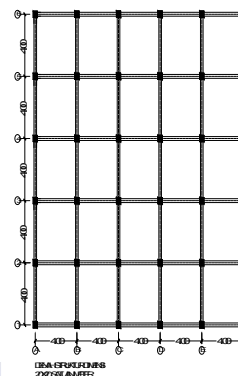
Gambar 1. Denah Struktur dan Portal 4 lantai



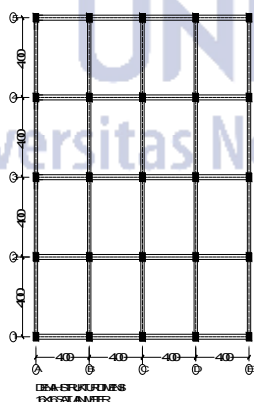
Gambar 2. Denah Struktur dan Portal 6 Lantai



Gambar 3.7. Denah Struktur dan Portal 10 Lantai



Gambar 3. Denah Struktur dan Portal 8 Lantai



HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Perencanaan

Sebagai dasar dalam merencanakan struktur beton, maka diperlukan data-data tentang perencanaannya terlebih dahulu.

1. Data Bangunan

- Fungsi bangunan : Gedung umum untuk perkantoran
- Lokasi bangunan : Wilayah gempa 4
- Jenis tanah : Tanah lunak
- Model bangunan : Portal 4 Lantai, Portal 6 Lantai, Portal 8 Lantai dan Portal 10 Lantai
- Tinggi tiap lantai : 4 m
- Jenis bangunan : Bangunan langsing
- Sistem struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

2. Data Material

- Mutu beton (f'_c) : 30 MPa
- Mutu baja (f_y) : 300 MPa
- Modulus Elastisitas (E) : $2,1 \times 10^5$ kg/cm² $\rightarrow 2,1 \times 10^5$ MPa
- Berat sendiri beton : 2400 kg/m³

B. Pre-eliminary Design (Perencanaan Awal)

Pre-eliminary design adalah perencanaan dimensi awal struktur yang meliputi perencanaan balok, kolom dan pelat sebagai elemen-elemen dari Gedung sesuai dengan SNI 03-2847-2002.

1. Pre-eliminary design balok

Karena panjang balok arah x dan arah y pada setiap model portal dan tiap lantainya adalah sama yaitu 4 m, maka dimensi balok yang dihitung pada arah x dan arah y juga mempunyai hasil yang sama.

Diketahui : $L = 400$ cm dan $f_y = 300$ MPa,

$$h = \frac{L}{10} = 40 \text{ cm}$$

$$b < \frac{2}{3} x h = 25 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok yang digunakan adalah 25/40 pada arah X dan pada arah Y.

2. Pre-eliminary design kolom

Pre-eliminary design kolom pada tiap portal adalah sama. Dikarenakan tinggi tiap lantai pada setiap model sama yaitu 4 meter. Berdasarkan PBI 1989 bab 13.7.4.1 bahwa momen inersia kolom ada sembarang penampang diluar joint atau kepala kolom, boleh berdasarkan pada penampang bruto beton.

$$\frac{I_{Kolom}}{L_{Kolom}} \geq \frac{I_{Balok}}{L_{Balok}} \Rightarrow 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}.$$

diketahui :

$L_{kolom} = 400$ cm dan $L_{balok} = 400$ cm.

$$h^4 \geq 333,33 \times 400 \times 12 \quad h^4 \geq 1600000$$

jadi, dimensi perencanaan awal kolom yang digunakan untuk setiap portal adalah 40 cm x 40 cm.

3. Pre-eliminary design pelat

α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan 11.5.(3(2))

- Pelat tanpa penebalan 15.3.(7(1)) & 15.3.(7(2)) minimum 120mm
- Pelat dengan penebalan 15.3.(7(1)) & 15.3.(7(2)) minimum 100mm

- a. Dimensi plat lantai dengan $f'_c = 30$ MPa dan $f_y = 240$ MPa.

$$h = \frac{375 \left(0.8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 9(1,00)} = 8,00 \text{ cm} > 90 \text{ mm}$$

dikarenakan h harus lebih besar dari 90 mm, maka digunakan tebal perencanaan plat lantai adalah 120 mm atau 12 cm.

- b. Dimensi plat atap dengan $f'_c = 30$ MPa dan $f_y = 240$ MPa.

$$h = \frac{375 \left(0.8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 9(1,00)}$$

$$h = 8,00 \text{ cm} > 90 \text{ mm}$$

dikarenakan h harus lebih besar dari 90 mm, maka penulis menggunakan tebal perencanaan plat lantai adalah 100 mm atau 10 cm.

C. Analisis Perhitungan Pembebanan Pada Portal

Pembebanan pada portal yang dimaksudkan adalah meliputi beban mati maupun beban hidup. Berikut item beban yang dimaksud :

1. Beban mati :
 - a. Berat sendiri plat lantai / pelat atap
 - b. Plafond dan instalasi ME (lantai dan atap)
 - c. Keramik (lantai)
 - d. Spesi (lantai)
 - e. Aspal (atap)
 - f. Pasir (atap)
 - g. Air hujan (atap)
 - h. Berat mati balok
 - i. Berat mati kolom

2. Beban hidup :
 - a. Beban hidup plat lantai.
 - b. Beban hidup plat atap.

Karena tebal pelat lantai maupun pelat atap pada masing-masing model bangunan adalah sama maka perhitungan pembebanan pada masing-masing model portal adalah sama, berikut analisis perhitungan pembebanannya :

- a. Pembebanan pada lantai: Beban mati lantai perkantoran DL

$$= 391 \text{ kg / m}^2$$

$$h \geq 33,37 \rightarrow 40 \text{ cm}$$

- b. Pembebanan pada atap.

Beban mati atap perkantoran DL = 391 kg / m²

Beban hidup atap perkantoran LL = 100 kg / m²

D. Analisis Perhitungan Struktur Portal

Penggunaan program SAP 2000 versi 8.08 ini merupakan salah satu program perhitungan kekuatan bangunan yang banyak diajarkan pada bangku perkuliahan. Karena program ini merupakan program yang mudah didapat dan hasil perhitungannya lebih lengkap dari program SAP versi sebelumnya.

E. Perhitungan Struktur Portal 4 Lantai

1. Portal 4 lantai dengan dimensi kolom 40 cm x 40 cm.

- a. Data Bangunan :
 1. Fungsi Bangunan : Perkantoran 4 Lantai
 2. Lokasi : Wilayah Gempa 4 SNI 03-1726-2002

3. Tinggi Gedung : 16 meter
4. Tinggi Tiap Lantai : 4 meter
5. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
- b. Data Material :
 1. Beton (f_c') : 30 Mpa
 2. Baja Tulangan (f_y) : 400 Mpa
- c. Data Perencanaan :
 1. Kolom : 40/40 cm
 2. Balok :
 - Balok Lantai : 25/40
 - Balok Atap : 25/40
 3. Tebal Plat :
 - Pelat Lantai : 12 cm
 - Pelat Atap : 10 cm
- d. Beban Merata (q) dan beban terpusat (P).
 - Pembebanan Beban Merata Mati
 - Beban atap = 502 kg/m
 - q atap = 502 kg/m x 2 = 1004 kg/m
 - Lantai = 522 kg/m
 - q Lantai = 522 kg/m x 2 = 1044 kg/m
 - Pembebanan
 - q atap = 134 kg/m x 2 = 268 kg/m
 - Lantai = 334 kg/m
 - q Lantai = 334 kg/m x 2 = 668 kg/m
 - P pada atap tepi :
 - P mati = 3160 Kg
 - P Hidup = 134 kg/m x 4m = 536 kg
 - P pada atap tengah
 - P mati = 5168 Kg
 - P Hidup = 1072 kg
 - P pada lantai tepi :
 - P mati = 3240 Kg
 - P Hidup = 1336 kg
 - P pada lantai tengah :
 - P mati = 5328 Kg
 - P Hidup = 2672 kg

Langkah-langkah perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002.

1. **Perhitungan Berat Total Bangunan total (Wt)**
 berat bangunan total (Wt) : berat lantai 1, 2, dan 3 adalah sama maka total berat bangunannya adalah
 $W_t = W_{lantai1} + W_{lantai2} + W_{lantai3} + W_{atap}$
 $W_t = 55296 \text{ Kg} + 55296 \text{ Kg} + 55296 \text{ Kg} + 39104 \text{ kg}$
 $W_t = 204992 \text{ kg}$
2. **Perhitungan periode alami struktur (T)**
 Untuk perhitungan empiris periode alami struktur berdasarkan UBC – 97 pasal 1630.2.2 Metode A
 Tinggi gedung : 16 m
 $C_t : 0.0731$
 Sehingga Periode alami struktur
 $T = C_t (H_n)$
 $= 0.0731 \times 12^{3/4} = 0.47 \text{ detik}$

Kontrol pembatasan T sesuai dengan pasal 5.6 SNI 03-1726-2002

$$N = 4$$

$$\xi = 0.17$$

maka :

$$T = \xi n$$

$$= 0.17 \times 3$$

$$= 0.51 \text{ detik} > 0.47 \text{ detik} \dots \text{OK!}$$

3. Penentuan faktor response gempa.

Didasarkan Gambar 2. Respon Spektrum Gempa Rencana, SNI 03-1726-2002 penentuan nilai C_t berdasarkan :

- Wilayah gempa (WG) = Wilayah Gempa 4

- Periode alami Struktur (T) = 0.047 detik

- Jenis tanah = Lunak

- Faktor respons gempa (C_t) = 0.85

4. Penentuan faktor keamanan (I)

Berdasarkan tabel 1. Faktor keutamaan (I), SNI 03-1726-2002

Kategori gedung : Gedung umum untuk perkantoran

Faktor keutamaan (I) : 1.0

5. Penentuan parameter daktilitas Struktur (R)

Berdasarkan Tabel 2 Parameter Daktilitas Struktur (R), SNI 03-1726-2002 SRPMM taraf kinerja : Daktil Parsial

Daktil parsial : Nilai μ : 1.5 - 5.0

Nilai R : 2.4 – 8.0

Batasan penentuan nilai daktilitas maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada tabel 3. Faktor Daktilitas Maksimum, SNI 03-1726-2002

(3) Sistem dan subsistem struktur gedung :

Sistem rangka pemikul momen

(2) Uraian sistem pemikul beban gempa :

Sistem rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)

$$\mu_m = 3.3$$

$$R = 5.5$$

Sub bab ini masih harus dilihat di SNI 03-1726-2002

6. Perhitungan gaya geser gempa (V)

Perhitungan gaya geser gempa untuk struktur adalah :

$$V = \frac{C_t \times I}{R} \times W \text{ Pasal 7.1.3 SNI 03-1726-2002}$$

$$V = \frac{0.85 \times 1.0}{5.5} \times 204992 \text{ Kg.} =$$

Distribusi gaya gesernya menggunakan rumusan :

$$F = \frac{W_i \times z_i}{\sum W_i \times z_i} \times V \quad \text{Pasal 6.1.3 SNI 03-1726-2002}$$

7. Analisis Permodelan menggunakan SAP 2000 Versi 8.08

Pada nilai dari COMB 3 kolom GlobalFX dengan nilai dari COMB 4, kolom GlobalFX

harus didapati nilai yang sama. Pada perlakuan ini nilainya sebesar 15557.43 kg. atau 15.5574 Ton. Karena pada hasil Output SAP menggunakan satuan Ton.

8. Kontrol T Rayleigh

Besarnya T yang dihitung sebelumnya dengan memakai cara-cara empiris harus dibandingkan dengan $T_{Rayleigh}$.

9. Kontrol Kinerja Batas Layan (Δ_s) dan Kinerja Batas Ultimit (Δ_m).

Menurut SNI 03-1726-2002 Pasal 8.1.2 untuk memenuhi syarat kinerja batas layan jika drift Δ_s antar tingkat tidak boleh lebih besar dari:

$$\frac{0.03}{R} \times h_i = \frac{0.03}{5.6} \times 4m = 0.021m$$

Selanjutnya SNI 03-1726-2002 Pasal 8.2.1 membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa korban jiwa manusia dengan membatasi nilai drift Δ_m antar tingkat tidak boleh melebihi $0.02 \times$ tinggi tiap tingkat = $0.02 \times 4 m = 0.08 m$.

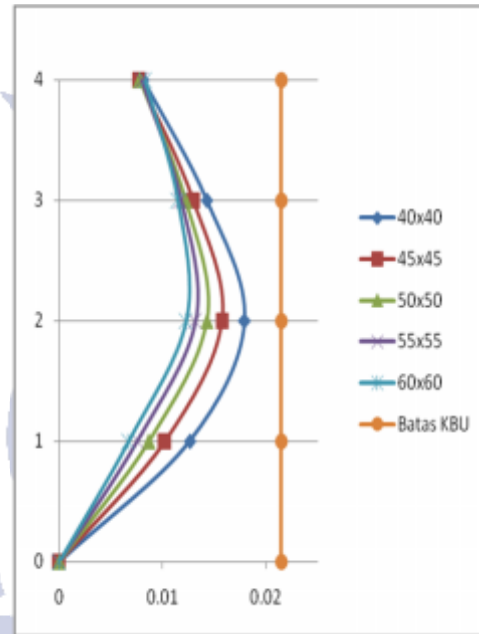
10. Hasil Perhitungan Portal 4 Lantai, 6 Lantai, 8 Lantai dan 10 Lantai.

Pada perhitungan portal 4 lantai ini akan dicoba menggunakan beberapa dimensi kolom yang berbeda yaitu :

1. Portal 4 lantai dengan dimensi kolom sebesar 40cm x 40 cm.
2. Portal 4 lantai dengan dimensi kolom sebesar 45 cm x 45 cm.
3. Portal 4 lantai dengan dimensi kolom sebesar 50 cm x 50 cm.
4. portal 4 lantai dengan dimensi kolom sebesar 55 cm x 55 cm.
5. Portal 4 lantai dengan dimensi kolom sebesar 60 cm x 60 cm.

2	0.0 179 06	0.0 157 26	0.0 142 63	0.013 16	0.0122 58	0.021 42857
1	0.0 126 22	0.0 102 17	0.0 086 51	0.007 537	0.0066 88	0.021 42857

Dan setelah disusun dalam bentuk tabel data, data tersebut disusun dalam bentuk grafik untuk memudahkan pembacaannya. Berikut adalah grafik portal 4 lantai:



Grafik 1. Rekapitulasi nilai Kinerja batas layan portal 4 lantai

Tabel 1. Rekapitan nilai Kinerja batas layan portal 4 lantai

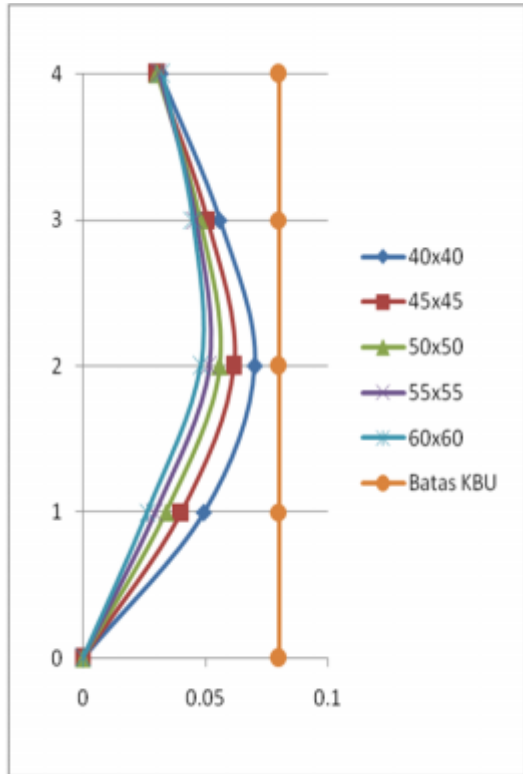
No lantai	40x40	45x45	50x50	55x55	60x60	Batas KBL
Atap	0.0 080 97	0.0 077 36	0.0 077 56	0.007 977	0.0082 88	0.021 42857
3	0.0 142 51	0.0 129 46	0.0 122 15	0.011 765	0.0114 46	0.021 42857

Tabel 2. Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 4 lantai

No lantai	40x40	45x45	50x50	55x55	60x60	Batas KBU
Atap	0.031 74	0.0303 25	0.030 404	0.031 27	0.032 489	0.08
3	0.055 864	0.0507 48	0.047 883	0.046 119	0.044 868	0.08

2	0.007 019	0.0616 46	0.055 911	0.051 587	0.048 051	0.08
1	0.049 478	0.0400 51	0.033 912	0.029 545	0.026 217	0.08

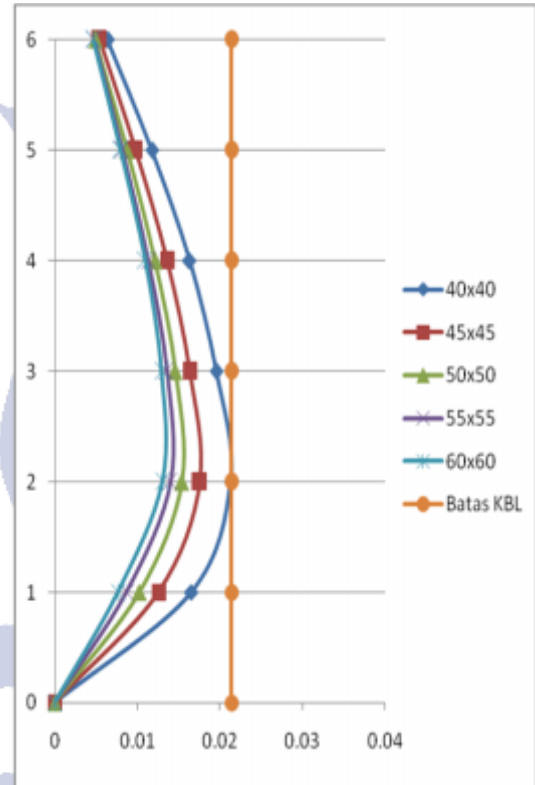
Berikut grafik Kinerja Batas Ultimit portal 4 lantai :



Grafik 2.

Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 4 lantai

4	0.016 306	0.013 625	0.012 154	0.011 35	0.010 928	0.02
3	0.019 593	0.016 371	0.014 578	0.013 553	0.012 952	0.02
2	0.021 312	0.017 575	0.015 381	0.014 001	0.013 068	0.02
1	0.016 533	0.012 586	0.010 219	0.008 698	0.007 655	0.02



Grafik 3. Rekapitulasi nilai Kinerja batas layan portal 6 lantai

Tabel 3. Rekapitan nilai Kinerja batas layan portal 6 lantai

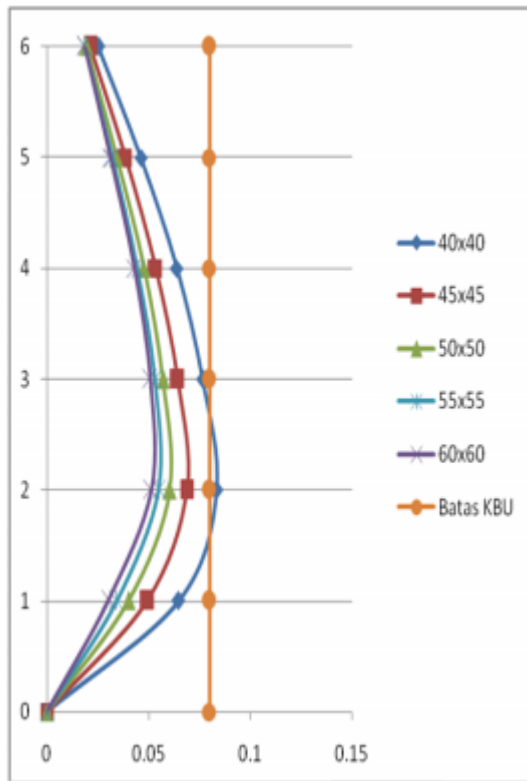
No lantai	40x40	45x45	50x50	55x55	60x60	Batas KBL
Atap	0.006 412	0.005 422	0.004 922	0.004 716	0.004 707	0.02
5	0.011 771	0.009 812	0.008 745	0.008 18	0.007 922	0.02

Tabel 4. Rekapitan nilai Kinerja batas ultimit portal 6 lantai

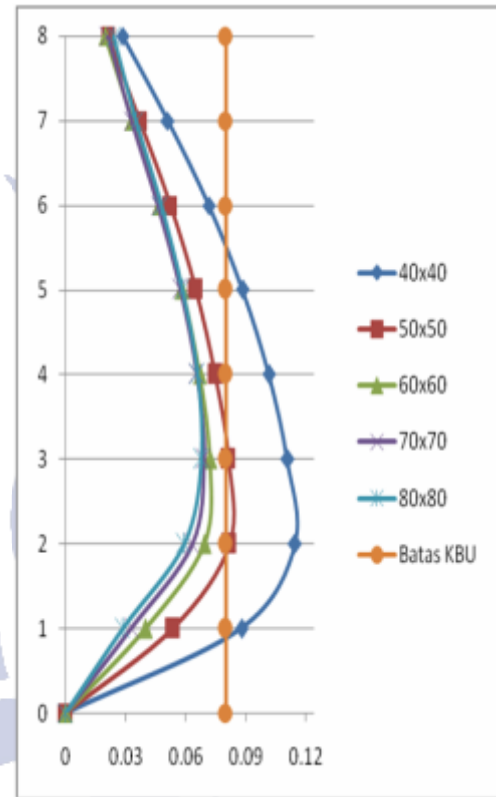
No lantai	40x40	45x45	50x50	55x55	60x60	Batas KBU
Atap	0.02 5135	0.02 1254	0.01 9294	0.01 8487	0.01 8451	0.08
5	0.04 6142	0.03 8463	0.03 428	0.03 2066	0.03 1054	0.08
4	0.06 392	0.05 341	0.04 7644	0.04 4492	0.04 2838	0.08

3	0.07 6805	0.06 4174	0.05 7146	0.05 3128	0.05 0772	0.08
2	0.08 3543	0.06 8894	0.06 0294	0.05 4884	0.05 1227	0.08
1	0.06 4809	0.04 9337	0.04 0058	0.03 4096	0.03 0008	0.08

3	0.028 266	0.020 783	0.018 417	0.017 629	0.017 281	0.0214 2857
2	0.029 242	0.020 882	0.017 712	0.016 142	0.015 101	0.0214 2857
1	0.022 438	0.013 717	0.010 227	0.008 448	0.007 346	0.0214 2857



Grafik 4. Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 6 lantai



Grafik 5. Rekapitulasi nilai Kinerja batas layan portal 8 lantai

Berikut adalah hasil perhitungan dari portal 8 lantai.

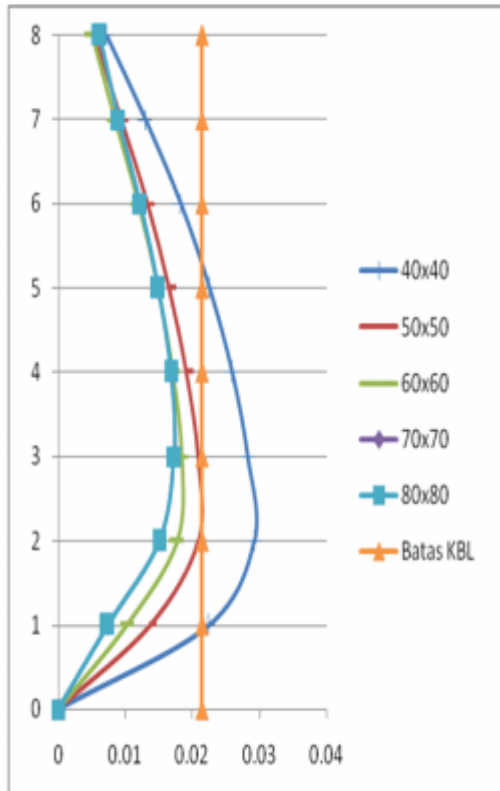
Tabel 5. Rekanan nilai Kinerja batas layan portal 8 lantai

No lantai	40x40	50x50	60x60	70x70	80x80	Batas KBL
Atap	0.007 257	0.005 423	0.005 044	0.005 354	0.006 124	0.0214 2857
7	0.013 018	0.009 479	0.008 462	0.008 453	0.008 99	0.0214 2857
6	0.018 262	0.013 372	0.011 934	0.011 768	0.012 173	0.0214 2857
5	0.022 568	0.016 6	0.014 868	0.014 616	0.014 922	0.0214 2857
4	0.025 92	0.019 113	0.017 121	0.016 719	0.016 819	0.0214 2857

Tabel 6. Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 8 lantai

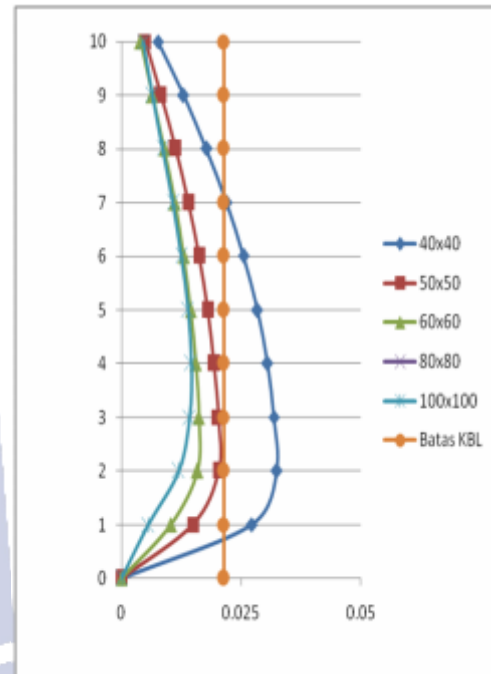
No lantai	40x40	50x50	60x60	70x70	80x80	Batas KBU
Atap	0.02 8447	0.02 1258	0.019 772	0.020 988	0.02 4006	0.08
7	0.05 1031	0.03 7158	0.033 171	0.033 136	0.03 5241	0.08
6	0.07 1587	0.05 2418	0.046 781	0.046 131	0.04 7718	0.08
5	0.08 8467	0.06 5072	0.058 283	0.057 295	0.05 8494	0.08
4	0.10 1606	0.07 4923	0.067 114	0.065 538	0.06 5930	0.08

3	0.11 0803	0.08 1469	0.072 195	0.069 106	0.06 7742	0.08
2	0.11 4629	0.08 1857	0.069 431	0.063 277	0.05 9196	0.08
1	0.08 7957	0.05 3771	0.040 090	0.033 116	0.02 8796	0.08



Grafik 5. Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 8 lantai

5	0.028 357	0.018 041	0.014 496	0.013 105	0.013 871	0.02
4	0.030 488	0.019 398	0.015 578	0.014 057	0.014 587	0.02
3	0.031 886	0.020 263	0.016 227	0.014 315	0.014 253	0.02
2	0.032 431	0.020 338	0.015 887	0.012 992	0.011 966	0.02
1	0.027 242	0.014 983	0.010 297	0.006 919	0.005 633	0.02



Grafik 7. Rekapitulasi nilai Kinerja batas layan portal 10 lantai

Berikut adalah hasil perhitungan portal 10 Lantai :

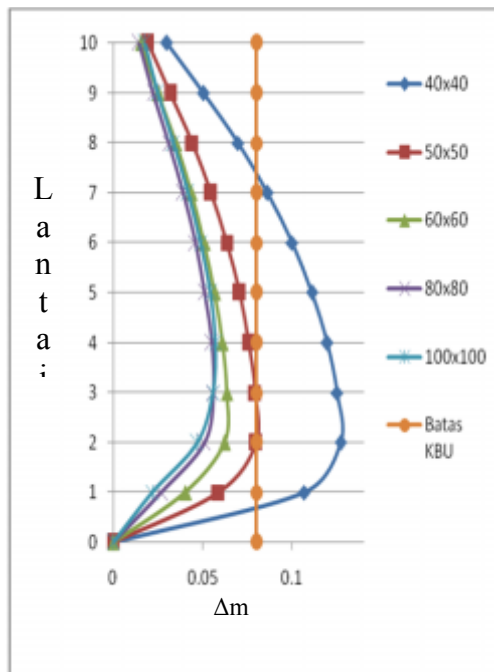
Tabel 7. Rekapitan nilai Kinerja batas layan portal 10 lantai

No lantai	40x40	50x50	60x60	80x80	100x100	Batas KBL
Atap	0.007 642	0.004 963	0.003 968	0.003 698	0.004 533	0.02
9	0.012 904	0.008 181	0.006 449	0.005 721	0.006 399	0.02
8	0.017 776	0.011 294	0.008 963	0.007 963	0.008 614	0.02
7	0.021 983	0.013 977	0.011 146	0.009 987	0.010 709	0.02
6	0.025 517	0.016 231	0.012 986	0.011 719	0.012 509	0.02

Tabel Rekapitan nilai Kinerja batas Ultimit portal 10 lantai.

No lantai	40x40	50x50	60x60	80x80	100x100	Batas KBU
Atap	0.02 9957	0.01 9455	0.01 5555	0.014 496	0.01 7769	0.08
9	0.05 0584	0.03 207	0.02 528	0.022 426	0.02 5084	0.08
8	0.06 9682	0.04 4272	0.03 5135	0.031 215	0.03 3767	0.08
7	0.08 6173	0.05 479	0.04 3692	0.039 149	0.04 1979	0.08

6	0.10 0027	0.06 3626	0.05 0905	0.045 938	0.04 9035	0.08
5	0.11 1159	0.07 0721	0.05 6718	0.051 372	0.05 4374	0.08
4	0.11 9513	0.07 604	0.06 1066	0.055 103	0.05 7181	0.08
3	0.12 4993	0.07 9431	0.06 361	0.056 115	0.05 5872	0.08
2	0.12 713	0.07 9725	0.06 2277	0.050 929	0.04 6907	0.08
1	0.10 6789	0.05 8733	0.04 0364	0.027 111	0.02 2081	0.08



Grafik 8. Rekapitulasi nilai Kinerja batas Ultimit portal 10 lantai

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan analisis data yang didapat, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 4 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (40 x 40) cm.
2. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 6 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (45 x 45) cm.
3. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur

gedung 8 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (60 x 60) cm.

4. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 10 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (60 x 60) cm.
5. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU) menunjukkan bahwa semakin besar dimensi kolom yang digunakan pada bentuk model bangunan bertingkat, semakin kecil nilai kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU) yang didapat.
6. Penggunaan dimensi kolom yang seragam pada pengamatan yang telah dilakukan kurang efisien untuk menahan gaya gempa.
7. Seiring dengan gaya geser gempa yang meningkat akibat dari berat total bangunan, berdampak pada perubahan drift Δs antar tingkat dan drift Δm antar tingkat. Sehingga harus ditemukan dimensi kolom yang tepat yang bisa memenuhi nilai Kinerja Batas Layan (KBL) dan nilai Kinerja Batas Ultimit (KBU) dan tetap berada dibawah nilai kontrolnya.
8. Berdasar hasil perhitungan keseluruhan portal denan menggunakan program SAP 2000 versi 8.08 goyangan gempa yang paling berbahaya terjadi pada lantai atap yang mengalami *joint displacement* yang paling besar.

Saran

Setelah melakukan pengamatan dan analisis, maka berdasarkan hasil dari pengamatan dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu diadakan pengamatan lebih lanjut untuk variasi tinggi bangunan yang berbeda atau lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan pengamatan dengan peraturan selain peraturan SNI untuk membandingkan hasil perhitungannya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan analisis perhitungan portal gedung 2 dimensi yang telah dilakukan ini dengan analisis portal gedung dalam bentuk 3 dimensinya.
4. Perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan program lain seperti E-Tabs, Staad-Pro untuk membandingkan dari hasil perhitungannya.
5. perlu dilanjutkan untuk pengamatan pada penggunaan tulangan yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anil K. Chopra. 2004. *Estimating Seismic Demands For Performance Based Engineering of Buildings*, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, 2004 Paper No. 5007. 2004.

- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-1726-2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG)*. Jakarta.
- Purwono, Rachmat. 2010. “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa”, ITS press. Surabaya.
- Tim Penyusun, 2006. *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi UNESA*. UNESA University Press. Surabaya.
- Villaverde, R. 2007. “Methods to Asses the Seismic Collapse Capacity of Building Structures: State of The Art”. *Journal of Structurural Engineering*. 133:1 (57), 0733-9445.
- Budi Astanto, T. 2001. *Konstruksi Beton Bertulang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Budiono, B. dan Wibowo, F. 2008. “Analisis Kapasitas Struktur dengan Incremental Dynamic Analysis (IDA) & Pendekatan Model Pushover Analysis (MPA) Struktur Beton Bertulang”. Seminar dan Pameran HAKI 2008 “Pengaruh Gempa dan Angin terhadap Struktur”.
- Dewobroto, W. 2007. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000 Edisi terbaru*. Showroom Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Pranata, A, Y. 2006. *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440)*”, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Pranata, A, Y. 2006. “*Studi Perencanaan Berbasis Kinerja pada Rangka Beton Bertulang Dengan Metode Direct Displacement-Based Design*”, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3, No. 2, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Pranata, R. dan Tavo. 2007. “Evaluasi Cepat Sistem Rangka Pemikul Momen Tahan Gempa”, Seminar dan Pameran HAKI 2007 “Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia”, ITS Press. Surabaya.
- Kwantes. J. 1984. *Mekanika Bangunan*. Erlangga, Jl. Kramat IV No. 11. Jakarta Pusat